程序化操作变电站扩建问题探讨

王文龙[1]，刘 音[2]，代小翔[1]，胡绍谦[1]，李友军[1]，徐广辉[1]
（1. 南京南瑞继保电气有限公司，江苏省南京市 211100；2. 北京市电力公司变电公司，北京市 100054）

摘要：程序化操作变电站在扩建后新增操作票往往会涉及已经运行的间隔，由于扩建变电站不具备对这些操作票进行实际传动的条件，因而程序化操作过程的正确性得不到保证。从程序化操作方案角度出发，以间隔测控装置作为程序化操作服务器，操作票以间隔为单位进行分解，间隔测控装置负责本间隔操作票的存放及执行，跨间隔的操作由相关间隔的操作票组合管理和执行，可将变电站扩建后对程序化操作的影响降低到最小。

关键词：程序化操作；扩建；间隔测控
中图分类号：TM764；TM73

0 引言

目前国内变电站自动化系统经过多年发展已达到较高的技术水平[1]，其中一些重要变电站的一次设备和二次设备已经具有很高的可靠性和可控性，具备了实施程序化操作的条件，程序化操作是无人值班变电站[1]发展的必然。

变电站进行扩建时，新增间隔的操作往往会涉及已有的带电间隔[2]，需要对已经过验证的操作票进行修改，但是因为扩建过程中变电站大部分间隔处于运行状态，不具备对一次设备进行实际传动的条件，因而程序化操作的正确性得不到保证。同时，程序化操作变电站中需要考虑对二次设备的操作，应能实现二次设备软压板的投退和定值区切换[3]，扩建后对新增二次设备的操作也会导致操作票的修改，使得程序化操作的正确性得不到保证。系统的可靠性是实现整个目标的关键[4]，有必要充分考虑扩建带来的影响[5]并对其基本特性进行分析。目前已经实施的程序化操作大多通过仿真的手段进行验证，虽然在一定程度上解决了该问题[2]，但由于不能进行带设备的实际的传动验证，无法从根本上解决程序化操作变电站扩建后带来的问题。

1 变电站扩建对程序化操作的影响

从程序化操作的角度出发可以将变电站的间隔分为 3 类：变压器间隔（包括变压器的高、中、低 3 侧）；母联间隔；线路、电容器、电抗器间隔（以下简称线路间隔）。变压器间隔、线路间隔与母联间隔都有关联，在进行程序化操作时操作票中需包含与母联间隔信息交互的操作步骤。若变电站进行扩建并新增加了母联间隔，则已经运行的线路间隔和变压器间隔的操作票都需要进行修改，增加对母联间隔的操作，但如果仅仅增加了线路间隔或变压器间隔，则已经运行的间隔操作票的改动不是必须的。

变电站在建设初期会基本确定一次接线的方式，母联间隔也随之确定。扩建时一般只进行线路间隔和变压器间隔的扩建。若操作票以间隔为单位考虑，则变电站扩建以后对程序化操作带来的影响会集中体现在新增的间隔，但如果操作票尤其是跨间隔的操作票按整个变电站一体考虑设计，则新增间隔必然会导致操作票的修改。例如倒母操作，新增间隔以后，操作票中必须增加对新间隔的倒闸操作，因此，变电站的扩建就会对已经运行的间隔产生较大影响，需要考虑采用相应的方法对新修改的操作票进行验证。从程序化操作方案的角度出发，充分考虑上述特点，即可采取有效的措施将变电站扩建对程序化操作的影响降低到最小。

2 已实施的程序化操作变电站方案

目前已实施的程序化操作变电站的方案主要有以下 2 类：

1）以远方控制中心、变电站内的当地后台或远动装置作为站控程序化操作服务器，所有的操作票都存放其中，程序化操作服务器作为主体负责操作票的存储、解析及执行，间隔层的保护测控装置只接收程序化操作服务器的命令，本身与常规变电站没有区别，具体的操作过程如图 1 所示。

该类方案过程复杂，如果中间环节出现问题后较难处理，安全可靠性难以满足要求，且在变电站扩

收稿日期：2008-11-19；修回日期：2009-01-07。

建时容易造成混乱[6]。

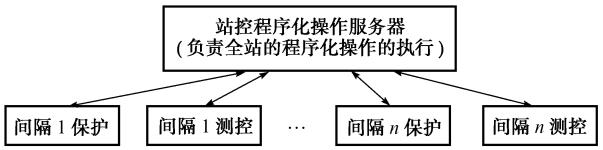

图1 站控程序化操作服务器方案
Fig. 1 Scheme of program control based on station level

2)以间隔测控装置作为间隔程序化操作服务器,以当地后台、远动装置或者远方监控中心作为站控程序化操作服务器,操作票的存储、解析、执行分别由相关的服务器执行。在此类方案中,若操作票中有跨间隔的操作步骤,即使只有一步,此操作票一般也由站控服务器存储并执行。当需要在多个间隔间混合操作时,只能采用主机控制方式[7],其原因是跨间隔的操作由当地后台或远方控制中心实现更为容易,此类方案的具体情况如图2所示。

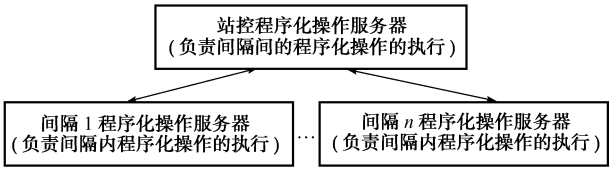

图2 站控和间隔程序化操作服务器协作方案
Fig. 2 Scheme of program control based on station level and bay level

由于该类方案需要同时维护和验证2套操作票,工作量大,容易出错,尤其在变电站扩建和改建期间,会给安全运行带来一定的隐患[6]。

在上述2个方案中,由于跨间隔的操作都由站控程序化操作服务器执行,当变电站扩建后,涉及新增间隔的操作票必须进行修改(例如倒母操作票中需要加上新增间隔的倒闸操作),才能满足运行的要求。由于扩建变电站大部分的间隔处于运行中,无法对新增的操作票进行实际传动试验,只有通过仿真验证的手段对其正确性进行验证,无法从根本上解决扩建问题。

要解决上述问题,必须满足下列条件:当变电站进行扩建时,不能对已经使用的操作票进行任何修改,新增加的操作票只能对新增的间隔进行操作,不能涉及已经使用的操作票。若能做到这一点就可从根本上解决扩建对程序化操作产生影响的问题,但由于一些跨间隔的操作,例如倒母的操作必然会涉及新增的间隔,对这些操作票不进行任何修改不现实,关键是能否寻找到合适的途径将这种修改产生的影响降低到最小。

3 程序化操作变电站扩建的解决方案

3.1 以间隔层测控装置作为程序化操作服务器

测控装置按照电气单元配置,可以以间隔层测控装置作为程序化操作的服务器[8],本间隔所有操作票的存储、解析、执行都由测控装置负责。程序化操作的执行过程如图3所示。

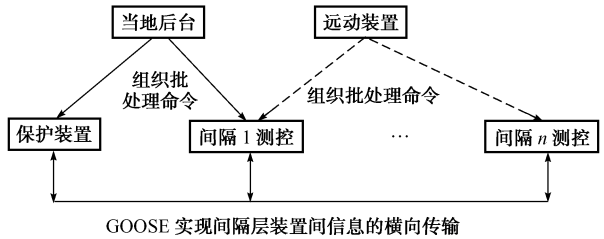

图3 间隔层测控装置作为程序化操作服务器方案
Fig. 3 Scheme of program control based on bay control unit

当地后台或远方控制中心作为程序化操作的发起者,发送启动程序化操作的命令给间隔层测控装置,测控装置负责解释并执行操作票,操作票中所有的步骤都由本间隔的测控装置执行,如果操作票中有对其他间隔进行命令操作或获得其他间隔的状态信息,则可以通过面向通用对象的变电站事件(GOOSE)[9]处理。程序化操作变电站自动化系统的站内协议很重要,IEC 61850是新一代的变电站自动化系统的国际标准[10],可以较好地解决不同厂商设备间的开放无缝的互操作问题,GOOSE的应用也可以很好地解决间隔层连锁、横向的命令传输及操作信息的承载问题[2],考虑到互操作性及先进性[11],程序化操作变电站内宜采用IEC 61850协议[2]。

对于间隔内的操作,本间隔开关刀闸的位置和控制都可由测控装置处理,无需其他间隔的参与。下面以无锡220 kV新光变新溪2538线从运行改为检修的操作为例说明测控装置的执行过程:

步骤1:拉开新溪2538开关,检查已拉开;

步骤2:拉开新溪25381刀闸,检查已拉开;

步骤3:拉开新溪25383刀闸,检查已拉开;

步骤4:合上新溪25384接地刀闸,检查已合上。

在此操作步骤中,新溪线路间隔的测控装置,可直接得到新溪线开关、刀闸、接地刀闸的信息,并可对其进行直接的控制,所有的操作都由测控装置负责执行。

对于跨间隔的操作,可采用批处理的方式处理,即将倒母操作按照间隔分解,将属于每个间隔的操作票由相应间隔的测控装置执行,当地后台或者远

动装置仅仅负责组织这些操作票的批处理执行。

下面以无锡 220 kV 新光变的倒母操作为例说明多间隔的操作过程：

步骤 1：110 kV Ⅰ母停役热倒开始(900 开关、920 开关冷备用)

1)合上 110 kV Ⅰ-Ⅱ母联 910 开关，检查已合上；

2)拉开 1 号主变 901 开关，检查已合上；

3)拉开 1 号主变 9013 刀闸，检查已拉开；

4)拉开 1 号主变 9011 刀闸，检查已拉开；

5)检查 110 kV Ⅰ-Ⅱ母联 910 开关是否在合上位置；

6)检查 110 kV Ⅰ-Ⅱ母联 9101 刀闸是否在合上位置；

7)检查 110 kV Ⅰ-Ⅱ母联 9102 刀闸是否在合上位置；

8)投入 110 kV 母线保护屏 1LP12 软压板(投Ⅰ，Ⅱ母互联)；

9)拉开 110 kV Ⅰ-Ⅱ母联 910 开关直流电源。

步骤 2：光柏 931 从Ⅰ母热倒至Ⅱ母

1)合上光柏 9312 刀闸；

2)拉开光柏 9311 刀闸。

步骤 3：光达 932 从Ⅰ母热倒至Ⅱ母

1)合上光达 9322 刀闸；

2)拉开光达 9321 刀闸。

步骤 4：110 kV Ⅰ母停役热倒结束(900 开关、920 开关冷备用)

1)合上 110 kV Ⅰ-Ⅱ母联 910 开关直流电源；

2)将压变并列切换屏上 110 kV 并列开关从“并列”切至“解列”；

3)退出 110 kV 母线保护屏 1LP12 软压板(投Ⅰ，Ⅱ母互联)；

4)拉开 110 kV Ⅰ-Ⅱ母联 910 开关；

5)拉开 110 kV Ⅰ-Ⅱ母联 9101 刀闸；

6)拉开 110kV Ⅰ-Ⅱ母联 9102 刀闸。

在上述倒母操作中：步骤 1 操作票由母联测控装置负责执行；步骤 2 由光柏 931 间隔的测控装置负责执行；步骤 3 由光达 932 间隔测控装置负责执行；步骤 4 由母联测控装置负责执行，当地后台或者远动装置仅仅作为批处理的组织者，批处理的执行过程如图 4 所示。

图 4　倒母的批处理过程

Fig. 4　Hatch processing of operation for generatrix switching

3.2　3.1 节方案对变电站扩建问题的解决

在 3.1 节方案中，程序化操作服务器由间隔测控装置承担，操作票需要以间隔为单位进行分解，属于某个间隔操作票的存放及执行都由该间隔测控装置负责，跨间隔的操作由相关间隔的操作票组合而成，当地后台或远动装置以批处理的方式组织这些组合操作票的执行。当变电站进行扩建时，仅仅需要对扩建间隔的操作票进行编制和实际的传动，然后将此操作票加入批处理的序列即可，不会影响已经运行的间隔，可以较好地解决变电站扩建后对运行中的间隔产生影响的问题[2]。在 3.1 节倒母操作的例子中，如果扩建了一个间隔，仅仅需要增加一个间隔的倒闸操作，当地后台或远动装置的批处理中增加一个命令。对于增加的间隔本身而言，其倒闸的操作票进行过实际的传动试验，正确性和可靠性都可得到保证。具体情况如图 5 所示。

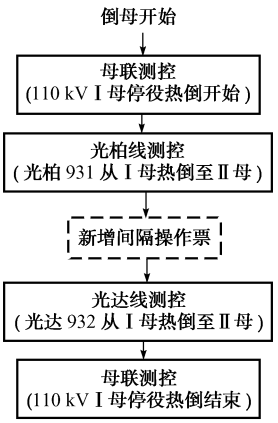

图 5　增加间隔后倒母的批处理过程

Fig. 5　Hatch processing of operation of generatrix switching with an added interval

3.3　仿真验证可作为一种补充验证手段

在 3.1 节的方案中，变电站扩建后新增间隔的操作票可以进行实际的传动，其正确性能够得到保证，但由于新增间隔而修改的批处理命令其正确性得不到实际传动的验证，虽然批处理命令简单，出错的概率很小，但也有必要寻找合适的验证方法。可以通过寻找一种仿真和验证的方法[2]解决此问题，通过仿真对批处理的命令进行验证，在新增间隔的

操作票经过传动实验的前提下，仿真的重点在于对批处理命令顺序的验证，作为程序化操作的一种补充验证手段，简单可靠，方便易行。

4 结语

合适的程序化操作方案是解决程序化操作变电站扩建问题的关键，以间隔层测控装置作为程序化操作服务器并辅以仿真验证的方案可较好地解决程序化操作变电站的扩建问题，并且由于变电站内大部分程序化操作为间隔内的操作，该方案也可提高程序化操作的可靠性和快捷性。目前，无锡220 kV新光变已使用该方案扩建了间隔，效果良好。

参考文献

[1] 唐涛.电力系统厂站自动化技术的发展与展望.电力系统自动化，2004，28(4)：92-27.
TANG Tao. Development and prospects for the automation technology of power plants and substations. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(4): 92-97.

[2] 王文龙，胡绍谦，汤震宇.程序化操作在变电站中实现的几个关键问题.电力系统自动化，2008，32(22)：66-68.
WANG Wenlong, HU Shaoqian, TANG Zhenyu. Some key issues in implementing sequence control in substation automation system. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(22): 66-68.

[3] 丁泉，朱来强，胡道徐，等.变电站程序化操作及远动装置执行.电力自动化设备，2007，27(8)：119-121.
DING Quan, ZHU Laiqiang, HU Daoxu, et al. Programmed operations of substation and execution by telecontrol device. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(8): 119-121.

[4] 郑博明，吴奕，杨洪，等.变电程序化操作的设计与实现.电力系统自动化，2006，30(9)：105-107.
ZHENG Boming, WU Yi, YANG Hong, et al. Design and implementation of sequence control in substation automation system. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(9): 105-107.

[5] 王修庞，郭睿，张亚娟.变电站实时监控中的程控操作系统.电网技术，2007，31(增刊2).
WANG Xiupang, GUO Rui, ZHANG Yajuan. Programming operation software for real-time control system in substation. Power System Technology, 2007, 31(Sup2).

[6] 朱一晨，沈 键，庄卫金，等.500 kV集中监控系统程序化操作功能设计与实现.华东电力，2008，36(1)：30-34.
ZHU Yichen, SHEN Jian, ZHUANG Weijin, et al. Design and realization of programmed operation for 500 kV centralized control systems. East China Electric Power, 2008, 36(1): 30-34.

[7] 杨洪.变电站程序化操作的探索与实现.电力自动化设备，2006，26(11)：104-106.
YANG Hong. Research and practice of sequential operation in substation. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26(11): 104-106.

[8] 罗小莉，吴文瑕，公元.间隔层装置中程序化操作的实现.电力自动化设备，2008，28(6)：115-117.
LUO Xiaoli, WU Wenxia, GONG Yuan. Sequential operations in cell devices. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(6): 115-117.

[9] IEC 61850-8-1 Communication networks and systems in substations: Part 8-1 specific communication service mapping (SCSM)—mappings to MMS (ISO 950621 and ISO 950622) and to ISO/IEC 880223. 2003.

[10] 谭文恕.变电站通信网络和系统协议IEC 61850介绍.电网技术，2001，25(9)：8-11.
TAN Wenshu. Introduction to substation communication network and system—IEC 61850. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(9): 8-11.

[11] 罗钦，段斌，肖红光，等.基于IEC 61850控制模型的变电站防误操作分析与设计.电力系统自动化，2006，30(22)：61-65.
LUO Qin, DUAN Bin, XIAO Hongguang, et al. Analysis and design of anti-maloperation for substation based on control model in IEC 61850. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(22): 61-65.

王文龙(1973—)，男，通信作者，高级工程师，主要研究方向：变电站自动化系统、数字化变电站技术、IEC 61850及其支撑协议、配电网自动化。E-mail：wangwl@nari-relays.com

刘 音(1972—)，男，工程师，副经理，主要研究方向：电力系统运行与管理。

代小翔(1979—)，男，工程师，硕士，主要研究方向：变电站自动化系统、IEC 61850协议相关产品的开发。

Influence of Sequential Operation on an Expanded Substation

WANG Wenlong[1], *LIU Yin*[2], *DAI Xiaoxiang*[1], *HU Shaoqian*[1], *LI Youjun*[1], *XU Guanghui*[1]

(1. Nanjing NARI-Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211100, China;
2. Beijing Electric Power Corporation, Beijing 100054, China)

Abstract: Following the expansion of a sequential operation substation, the newly added operation order sheets will likely involve the bay between runs. This paper puts forward a new solution by using the bay level control unit as the sequential operation server with the operation order decomposed for each bay. The storage and execution of a certain operation order will be the responsibility of the testing and control device of the bay. The operation of the cross bay is managed and executed by the relevant bay operation orders combined. This solution will minimize the influence on sequential operation after substation expansion.

Key words: sequential operation; extension of substation; bay level control unit